

dc_747_13



Szent István Egyetem
Növénytermesztési Intézet

A talaj- és környezetminőség javítása és fenntartása növénytermesztési módszerekkel

MTA doktori értekezés tézisei

Gyuricza Csaba

2014

Gödöllő

BEVEZETÉS

Magyarország legjelentősebb természeti erőforrása az agrártermelésre való képessége. Ennek az erőforrásnak lényegében egy soktényezős bio-geo-kémiai rendszer képezi alapját, amelybe beletartozik az éghajlat, ezen belül is a radiáció, a hőmérséklet és a csapadékviszonyok, a mintegy 1500 MJ/m² fotoszintetikusán aktív energia, a földrajzi környezet, beleértve a domborzati viszonyok földtani, meteorológiai és hidrológiai jellemzőit, valamint mindezek szinergizmusának terméke a talaj.

Maga a növénytermesztés nem más, mint az ökológiai viszonyok részben, vagy egészében történő befolyásolása a nagyobb, irányított növényi produkció elérése érdekében. A különböző időhorizontú tartamkísérletekben világszerte számos vizsgálat folyik a különféle művelési rendszerek talajállapotra és környezetre gyakorolt hatásának összehasonlítására. A talaj- és környezetminőséggel kapcsolatos kutatások aktualitását az adja, hogy jelentősen kevesebb szakirodalom ad tájékoztatást a művelési rendszerek szántóföldi körülmények közötti vizsgálatáról. Bár az „élő laboratóriumként és közgyűjteményként” szolgáló tartamkísérletek eredményei és hasznosíthatóságuk megkérdőjelezhetetlenek, a szántóföldi vizsgálatok eredményei hozzájárulhatnak és a gyakorlat számára is fontos kiegészítő információkkal szolgálhatnak a talajművelési rendszerek fizikai talajállapotra gyakorolt hatásának pontosításához.

A talaj állapota a művelhetőség, a növénytermesztésre alkalmasság és a környezetre gyakorolt hatásai alapján ítéltető meg. Kedvező a talaj állapota, ha széles nedvesség tartományban jól művelhető, biztonságosan alapozza a növény termesztését, a fizikai, kémiai és a biológiai jellemzői nem rontják a környezet minőségét. A talajállapot kedvezőtlen, ha egy vagy több fizikai (pl. a szerkezete poros, vizet, levegőt át nem eresztő, tömörödött), kémiai (pl. elsavanyodott), vagy biológiai (pl. tevéketlen) jellemzője környezeti kárnak minősül, és a növénytermesztés csak költséges beavatkozások árán tehető eredményessé.

A talaj minőségét befolyásoló tényezők között a szervesanyag tartalom kiemelt fontosságú. A lehetséges források között az istállótrágya, a komposzt, a tarlómaradványok, és a zöldtrágyák a legfontosabbak, jóllehet alkalmazásuk koronként más megítélés alá esett. Az energianövények okszerű termesztése lehetővé teszi, hogy vélt hátrányai helyett kedvező hatásait érvényesítsük, úgymint talajt fedő, gyökérzóna javító, eróziót csökkentő, gondozottságával művelt agrártájat fenntartó stb. szerepét.

A disszertációban bemutatott kutatómunka három területet ölelt fel:

- környezet-minőség javító művelés;
- zöldtrágya, mint talajminőség javító (és vetésváltás ésszerűsítő) módszer;
- a környezet és a gazdálkodás minőségét javító energianövény termesztés.

Kutatásaink célja, mint az az értekezés címében is megfogalmazást nyert „A talaj- és környezetminőség javítása és fenntartása növénytermesztési módszerekkel”. Valójában azokat a nem hagyományos területeket tanulmányoztuk munkatársaimmal a több mint egy évtizedet felölelő kísérletsorozatban, amelyek képesek hozzájárulni a talaj minőségének, és ezáltal az azt művelő, az azon élő ember életminőségének javításához. Elért eredményeink mindegyike ezt a célt szolgálja, és ha szerény mértékben is, de képesek hozzájárulni a talaj- és a környezetminőség javításához és fenntartásához.

A KUTATÁSOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

Talajvédő művelési rendszerek hatása a talaj vízgazdálkodására

A termőhely-specifikus pontosítás és a talajminőség javítás érdekében 10 éves (1996-ban beállított) művelési tartamkísérletben talajvédő és hagyományos művelési rendszereket hasonlítottunk össze. A talajállapot fizikai és biológiai szempontú minősítése mellett vizsgáltuk a talajállapot minőség és a kukoricatermés összefüggéseit is.

A kutatást az alsó-ausztriai Pyhrai Mezőgazdasági Szakközépiskola kísérleti területén beállított talajművelési tartamkísérletben végeztük. A terület talaja réti öntés, WRB: Endogleyic Fluvis Cambisol (Dystric, Siltic). A talaj fizikai félesége homokos vályog, szerkezete jó, víz- és tápanyag-gazdálkodása kedvező, azonban tömörödéssé hajlamos.

A randomizált ismétléses kísérletben három talajművelési rendszert hasonlítottunk össze, a direktvetést, a bakhátas művelést és a hagyományos forgatásos művelést. A művelés hatásának kimutatására töbfaktoriális varianciaanalízist alkalmaztunk. A szignifikáns különbségek kimutatásához F statisztikát használtunk 95%-os megbízhatósági szinten ($P < 0,05$).

A talajművelés és a vetésszerkezet hatása a talajállapotra

Talajművelési kísérleteket állítottunk be Pándon hat gazdaság területén 2004-ben, és három éven keresztül vizsgáltuk a termesztéstechnológiák talajparaméterekre gyakorolt hatását. Kétfaktoriális kísérletekben vizsgáltuk különböző évjáratokban a vetésváltás és a monokultúra talajállapotra gyakorolt hatását. A talajállapot jellemzésére a talajok penetrációs ellenállását, a talajszelvények nedvességtartalmának alakulását, illetve a por, morzsa és rögfракciók arányának változását elemeztük.

A begyűjtött talajminták elemzése alapján az Arany-féle kötöttség, a talajok pH-ja, a kalcium-karbonát tartalom, a humusz %, valamint a foszfor és kálium ellátottság került kiértékelésre. Szántóföldi kísérleteinkben a talajellenállás mérése mechanikus elven működő rugós penetrométerrel történt. A talaj agronómiai szerkezetét száraz szitálással határoztuk meg. A talaj nedvességtartalmát, az ellenállását és az agronómiai szerkezetének értékelése Sváb (1981), illetve Baráth et al. (1996) módszere szerint történt. Statisztikai értékelésre egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk.

Másodvetésű zöldtrágyanövények vizsgálata kedvezőtlen adottságú termőhelyen

Kutatásunk célja az volt, hogy három zöldtrágyanövényt vizsgáljunk adott kedvezőtlen termőhelyi körülmények között. Választ kerestünk arra is, hogy nitrogén kiegészítés nélkül megvalósítható-e a sikeres zöldtrágyázás, vagy elengedhetetlen a nitrogén kiegészítés. Vizsgáltuk továbbá, hogy a kijuttatott N hatóanyag fajlagosan milyen mértékben növeli a zöld- és száraztömeget, valamint a hektáronként felvett NPK mennyiséget.

A kísérleteket a SZIE Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában Gödöllőn három egymást követő évben állítottuk be. A kísérleti tábla talaja homokon kialakult rozsdabarna erdőtalaj (Luvis Calcic Phaeozem). A másodvetésű zöldtrágyázási kísérleteket 2007-2009-ben végeztük. A kísérletek előveteménye őszi búza volt. A növények vetésére mindhárom évben közvetlenül a tarlóápolás után került sor. A kísérletekben a három növényt (facélia, mustár, olajretek), illetve a két tápanyagdózist (0 kg/ha N; 50 kg/ha N) három ismétlésben sávosan állítottuk be.

A biomassza méréseket, illetve a beltartalmi vizsgálatokhoz a mintagyűjtést a növényállomány elfagyása előtt évente november elején végeztük el. Az NPK meghatározását tömény kénsavas feltárással, és hidrogénperoxidos hevítéses roncsolással végeztük. A nitrogéntartalom mérésére a Parnass-Wagner vízgőzdesztilláló készüléket használtuk. A foszfor mérésénél a vanadát-molibdát eljárást alkalmaztuk. Az oldat extinkciójának méréséhez spektrofotométert használtunk. A kálium meghatározása a foszfor meghatározásnál ismertetett oldatokból és hígítási sor segítségével lángfotométerrel történt. A statisztikai értékelés egy- és kéttényezős varianciaanalízissel történt.

Rövid vágásfordulójú fűz (*Salix sp.*) energiaültetvény termesztésének vizsgálata és életciklus-elemzése

Kísérleteinkben a fás szárú fűz energiaültetvények egy adott termesztéstechnológiájának környezeti hatásait elemezzük összehasonlítva más hagyományos szántóföldi kultúrák környezeti hatásaival. Elsőként a termelési kísérlet körülményeit és eredményeit a második részben pedig az életciklus-elemzés módszertanát és eredményeit mutatjuk be.

A vizsgálatok alapját képező kísérletet az előző szakaszban ismertetett területen, a SzIE Növénytermesztési és Biomassza-hasznosítási Bemutató Központjában állítottuk be 2007-ben. A kísérlet kéttényezős véletlenblokk elrendezésű három ismétlésben. A kísérletben öt különböző fűz fajtát, illetve klónt (*Sven*, *Inger*, *Tordis*, *Tora*, *Csala*) alkalmaztunk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági szintet állítottunk be. A vegetációs időszak folyamán a kísérletben fenológiai méréseket (növénymagasság, oldalelágazódások száma, hajtásvastagság, biomasszatömeg), valamint talajállapot vizsgálatokat (talajjellenállás, talajnedvesség, tápanyag- és nehézfém-tartalom) végeztünk. Statisztikai értékelésre egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk.

Az életciklus-elemzés módszertana szerint a közvetlen anyag- és energiaáramokon túl a területfoglalásból és a terület-átalakításból származó környezeti hatásokat jelenítettük meg. Ezen tényezők feladata a biológiai sokféleségben és az ökoszisztéma szolgáltatásokban okozott károk számszerűsítése. Az egyes termesztéstechnológiák életciklus-elemzését a GaBi4 professional for Life Cycle Engineering szoftver, valamint az Ecoinvent database v2.2 (2007) adatbázis felhasználásával készítettük el.

Talajállapot vizsgálatok energetikai faültetvényben

E vizsgálatok célja az előzőekben ismertetett energetikai faültetvény létesítését követő négy év talajállapot változásának bemutatása gödöllői barna erdőtalajon fűz kísérletekben. A talajállapot minősítése talajjellenállás, talajnedvesség-tartalom, térfogattömeg, pórustérfogat mérésekkel történt.

A kísérlet kéttényezős véletlenblokk elrendezésű három ismétlésben. A kísérletben öt különböző fűz fajtát, illetve klónt (*Sven*, *Inger*, *Tordis*, *Tora*, *Csala*) alkalmaztunk. Valamennyi fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági kezelést állítottunk be. A talaj ellenállását 10 cm rétegenként 50 cm mélységig penetrométerrel mértük. A talajnedvesség meghatározásához bolygatott talajmintát ugyancsak rétegenként vettünk. A mérés gravimetriás módszerrel történt tömeg%-ban. A térfogattömeg és pórustérfogat vizsgálatához bolygatatlan mintákat vettünk, amelyekből súlyállandóságig szárítás után számoltuk a talajállapot jellemzőket. A biometria értékelést egytényezős varianciaanalízissel végeztük.

Biomassza vizsgálatok energiafűz ültetvényben

E vizsgálati sorozatban az előző szakaszban ismertetett fűz kísérletekben kétéves vágásfordulóban vizsgáltuk különböző fűzfajták biomassza-produkcióját eltérő tápanyagkezelések mellett. A kísérlet elrendezése megegyező az előzőkben leírtakkal; három ismétléses, kéttényezős, véletlenblokk elrendezésű. A kísérletben öt különböző fűzfajta, illetve klón vizsgálatára került sor. Mindegyik fajta esetében három különböző tápanyag-ellátottsági szintet alakítottunk ki.

A telepítés évét követően első alkalommal 2008-ban vágtuk le az ültetvényt a dúsabb fakadás érdekében. 2010-ben és 2012-ben pedig a teljes kétéves növedék betakarítására került sor. Ezekben az időpontokban mértük meg a biomassza mennyiségét. A száraztömeget, illetve a nedvességtartalmat 105 °C tömegállandóságig történő szárítás után határoztuk meg. Az adatok statisztikai értékelését egytényezős varianciaanalízissel végeztük.

EREDMÉNYEK

Talajvédő művelési rendszerek hatása a talaj vízgazdálkodására

A 10 éves művelési tartamkísérletben talajvédő és hagyományos művelési rendszereket hasonlítottunk össze. Vizsgáltuk a talajállapot fizikai és biológiai paramétereit, valamint a talajállapot minőség és a kukoricatermés összefüggéseit.

A térfogattömeg mindhárom mélységben a direktvetés alatt volt a legnagyobb. Az 5-10 cm rétegben a bakhátas, a 15-20 cm és a 40-45 cm rétegben a hagyományos kezelésben mértük a legkisebb térfogattömeget. A talajszelvényben a mélységgel együtt növekszik a térfogattömeg és a 40-45 cm rétegben mindhárom kezelésben viszonylag nagy értéket mértünk.

A hagyományos művelésben mértük a legkedvezőbb talajjellenállást, a direktvetésben és a bakhátas kezelésben közel azonosak voltak az értékek. 20 cm alatt azonban már minden rétegben a direktvetésben jelentkezett a legkisebb talajjellenállás, amelyet a hagyományos és végül a bakhátas kezelésben mért érték követtek. A kezelések között azonban nem találtunk szignifikáns különbséget.

A kezelésekben a talajjellenállás méréssel párhuzamosan meghatározott nedvességtartalom közvetlenül a felszín közelében, a 20-30 cm és a 30-40 cm rétegben különbözik bizonyíthatóan egymástól. A mérések alapján a nedvességtartalom a direktvetés feltalajában volt a legnagyobb, míg a bakhátas kezelésben jóval kisebb, közel azonos volt a hagyományoséval.

A talaj víztartó-képessége eltérően alakult a vizsgált kezelésekben. Az egyes szívás-értékeken mélységenként meghatározott nedvességtartalmak alapján a művelésnek hatása van a talajban tárolt vízformákra. A magas szívóerő-tartományban mindkét mélységben érzékelhető volt a kezelések közötti különbség.

A direktvetésben kevesebb volt a kukoricatermés, mint a művelt kezelésekben. A hagyományos művelés termésátlaga meghaladta a bakhátas kezelés termésátlagát. A termés tekintetében összességében azonban nem találtunk jelentős különbséget a kezelések között.

Az irodalmi adatokkal összhangban a bolygatatlan direktvetésben a bolygatotthoz képest tömörebbé vált a talaj. A természetes ülepedés és a taposás hatására bekövetkezett változást a térfogattömeg mérés eredményei támasztották alá.

A bolygatatlan mintákból meghatározott vízkapacitás alapján a felvehető vízkészletre vonatkozóan nem mutatható ki egyértelműen szignifikáns különbség a direktvetés és a művelt kezelések között.

Annak ellenére, hogy a művelés elmaradása miatt a direktvetésben enyhén tömör a feltalaj a termésátlagok között nincs szignifikáns különbség. Méréseink alapján a direktvetésben tapasztalt kedvező termésmennyiség oka az lehet, hogy a növények számára könnyen felvehető víztartalmat a művelés nem befolyásolta. A direktvetésben minden esetben kisebb volt a kezdeti növekedés és a termésátlag, mint a művelt kezelésekben.

A talajművelés és a vetésszerkezet hatása a talajállapotra

Hároméves talajművelési kísérletsorozatban vizsgáltuk a termesztés-technológiák talajparaméterekre gyakorolt hatását.

A talaj nedvességtartalmát a 10-20 cm mélységben nem az évjárat befolyásolta, hanem az alkalmazott agrotechnika. A talajjellenállás-vizsgálatok eredményei alapján a vizsgálat harmadik évére a művelés mélységében nem volt kimutatható súlyos ún. eketalp vagy tárcsatalp réteg. A növénytermesztés eredményességét befolyásoló csapadék talajba, és mélyebb rétegekbe történő jutását azonban befolyásolta adott réteg ülepedettsége. Kimutatható volt, hogy az évjárat nagymértékben befolyásolta a talajnedvesség- és talajjellenállás-értékeket.

A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálatokor káros mértékű rögzösödés nem volt megfigyelhető, ez feltehetően a jó minőségű szántásnak köszönhető, amely a művelés szempontjából optimális nedvességtartományban történt. Azonban az alkalmazott talajhasználat hosszabb időszak alatt befolyásolja a talajszerkezetet, a több éven keresztül azonos mélységben végzett művelés növeli a kockázatát a tömör rétegek kialakulásának. Ezért célszerű a talajszerkezet kímélő művelési módok alkalmazása és a művelési mélység évenkénti változtatása.

Másodvetésű zöldtrágyanövények vizsgálata kedvezőtlen adottságú termőhelyen

Kutatásunk során három zöldtrágyanövényt vizsgáltunk adott kedvezőtlen termőhelyi körülmények között.

A zöldtrágyanövények biomasszájára a rendelkezésre álló talajnedvesség jelentős hatással bírt. Különösen a műtrágyában nem részesült parcellákon volt kiemelkedő az évhatas. A facélia, a mustár és az olajretek eltérő módon reagált a különböző tápanyagkezelésekre. Az aszályt a facélia rosszul viselte, ugyanakkor a N kiegészítés jelentősen növelte a növény stressztűrő-képességét és javította vízfelhasználását. Mustárnál három év átlagában a tápanyagellátás okozta zöldtömeg-növekedés mintegy háromszoros volt.

Olajreteknel kiegyenlített termésszinteket tapasztaltunk, az évjáratnak ennél a növénynél kisebb hatása volt. A kis dózisú N hatóanyag 2,19-3,33-szeresére növelte a zöldtömeget.

A hektáronkénti abszolút száraztömegnél a zöldtömegnél leírt tendenciák ismétlődtek, azonban N műtrágyázás hatására a szárazanyag növekedése facéliánál 94 %-kal, mustárnál 43 %-kal, olajreteknel 118 százalékkal elmaradt a zöldtömeg-növekedés mértéke mögött.

Az egységnyi nitrogén hatóanyag hatására bekövetkező biomassza növekedés és az évjáráthatás között nem minden esetben volt kimutatható szignifikáns különbség. Ugyanakkor az egységnyi nitrogén biomassza növelő hatása jelentős volt.

Adott kedvezőtlen termőhelyi körülmények között mindhárom vizsgált növény alkalmas volt zöldtrágyázásra, betöltötte talajvédő és szervesanyag kímélő funkcióját. A hektáronkénti biomassza és a beltartalmi paraméterek, különösen a N felvétel figyelembevételével azonban a keresztesvirágú mustár és olajretek kedvezőbbnek bizonyult, mint a facélia.

Kisadagú (50 kg/ha) nitrogén hatóanyag a vizsgált években mindegyik növénynél jelentős mértékben elősegítette a biomassza és a beltartalmi paraméterek növekedését, míg ennek hiányában a pentozán hatástól szenvedő növényállományt kaptunk. Nitrogén műtrágyázás hatására mindhárom növénynél többszörösére nőtt a hektáronkénti nitrogéntartalom. A nitrogén hatóanyag jelentősen elősegítette a foszfor és a kálium felvételét is.

Kis mennyiségű 50 kg/ha nitrogén hatóanyag kijuttatásával stabil zöldhozamot, és jelentős felvett NPK mennyiséget adott mindhárom vizsgált növény, nitrogén-kiegészítés nélkül azonban a gyenge adottságú termőhelyen nem minden esetben volt elérhető az elégséges biomassza. A kapott eredmények alapján adott termőhelyen másodvetésű zöldtrágyázásnál lehetőség szerint minden esetben, de a kalászosok szalmájának helyben hagyásakor feltétlenül javasolandó a nitrogénkijuttatás. A zöldtrágyázás környezetminőség javító szerepét egyrészt az aktív talajréteg mélyülés, másrészt a kijuttatott műtrágyák felvétele, és tárolása igazolta.

Rövid vágásfordulójú fűz (*Salix sp.*) energiaültetvény termesztésének vizsgálata és életciklus-elemzése

Elemeztük a fás szárú fűz energiaültetvények egy adott termesztés-technológiájának környezeti hatásait összehasonlítva más hagyományos szántóföldi kultúrák környezeti hatásaival.

Az energiafűz fajták fenológiai eredményei jelentős eltérést mutattak közvetlenül az első betakarítás előtt mindhárom tápanyag-ellátottsági szinten. A betakarítás során a kétéves növekményt vágtuk le. Az első betakarításra a kísérlet beállítását követő harmadik évben került sor. Az első vegetációs időszak utáni visszavágás a második évtől intenzív sarjképzésre készíteti a növényeket, a kísérletben alkalmazott svéd klónok esetében 10-18 db hajtás képződik, amelyekből a második évre 6-8 db erőteljes növekedésű hajtás marad, míg a többi vessző visszafejlődik, esetenként elhal. A *Csala* fajta esetében eltérő volt a fejlődés üteme: statisztikailag igazolhatóan több hajtást (15-16 db) fejleszt a növény. Valamennyi fajta és növénytáplálási kezelés esetében a növény magassági növekedése volt jelentős, a második évre elért végleges magasság 80-85 %-a az első évben alakult ki. A második évben kevésbé a növények magassági növekedése volt megfigyelhető, sokkal inkább jellemző a hajtások megvastagodása.

Az első betakarítás során mért frisstömeg és száraztömeg a fajták és a kezelések között eltérő mértékű különbséget mutatott. A szárazanyagban kifejezett biomassza mennyisége az *Inger* fajtánál a műtrágyázott és a komposzt kezelésben volt a legnagyobb, a többi fajta és növénytáplálási kezelés eredménye szignifikánsan kisebb biomassza mennyiséget eredményezett. A betakarított biomassza nedvességtartalma 46,7-54,7 % között volt, ebben a tekintetben sokkal inkább a fajtának, mint a növénytáplálásnak van jelentősége. A legnagyobb nedvességtartalmat a *Csala* aprítékában mértünk a betakarítás után. A sok és vékony hajtás esetében a kéreg aránya nagyobb, mint a többi fajtánál, ennek következtében a nedvességtartalom valamennyi növénytáplálási szinten nagyobb volt.

Vizsgáltuk az életciklus-elemzés módszertana szerint a közvetlen anyag- és energiaáramokat, illetve a területfoglalásból és a terület-átalakításból származó környezeti hatásokat. Az elemzés során értékeltük az energianövény-termesztés, valamint szántóföldi növényfajok, a búza és a kukorica termelésének hatásait az ÜHG kibocsátás, az energiatartalom és –hányados, valamint a szállítási távolság függvényében. A környezeti hatások túlnyomó hányada az intenzív művelésből - műtrágyázás, vegyszeres növényvédelem és gépüzem – adódik. A növény biomassza hozama, talajtakaró hatása pedig tompíthatja a környezetterheléseket.

Eredményeink egyértelműen mutatják, hogy az intenzívebb művelés jelentősen rontja a növénytermesztés környezeti mutatóit és terheli a környezetet. Ennek következtében a hagyományos szántóföldi gabonafélék az energiahatékonyság, és a környezetterhelés szempontjából sokkal kedvezőtlenebbek, mint a fás szárú energiaültetvények. Az energiahatékonyság tekintetében mintegy kétszeres, az ÜHG potenciált illetően több mint nyolcszoros, a savasodási potenciál esetében pedig több mint tízszeres a különbség a szántóföldi gabonák és a fűz energiaültetvény kibocsátásai között egységnyi terményre vonatkoztatva. További fontos vizsgálati terület lenne az energiaültetvények összehasonlítása hasonló alapanyagot előállító földhasználatokkal, mint például a hagyományos erdőgazdálkodás során történő tűzifatermelés, illetve más technológiával megvalósuló fás vagy lágyszárú energianövény-termesztés.

Talajállapot vizsgálatok energetikai faültetvényben

Elemeztük az előzőekben ismertetett energetikai faültetvény létesítését követő négy év (2007, 2008, 2009, 2010) talajállapot változásait gödöllői fűz kísérleteinkben.

A vizsgálat negyedik évében végzett mérések során azt tapasztaltuk, hogy a talajjellenállás értékek egyik rétegben sem mutattak szignifikáns különbséget, ugyanakkor a talajrétegek közötti kiegyenlítődés is megfigyelhető volt: a felső és az alsó talajrétegek közötti ellenállás nem mutatott különbséget.

A térfogattömeg a talaj fizikai állapota minősítésére egyik leggyakrabban használt paraméter. A kísérlet negyedik évében mért bolygatatlan talajminták valamennyi mélységben a legkisebb értékeket a komposzttal borított kezelésekben mutatták.

A komposztos kezelésekben valamennyi mérési időpontban nagyobb nedvességtartalmat mértünk a felső 10 cm talajrétegben. Rövid vágásfordulójú fűz energetikai célú termesztésére elsősorban a magasabb vízállású termőhelyek jöhetnek számításba, ahol elegendő nedvesség áll a növények rendelkezésére.

A fás szárú energianövények gyökereinek legnagyobb része a feltalajban (5-40 cm) helyezkedik el, ugyanakkor a vízfelvétel szempontjából jelentősek a mélyebb rétegekbe lehatoló gyökerek. Ez utóbbiak szerepe aszályos évjáratban növekszik meg, amikor a felső talajréteg hiányzó vízkészlete a mélyebb rétegekből pótolható.

Vizsgálataink során a rozsdabarna erdőtalajon fás szárú energianövény kísérletben végzett kutatások első négy éves mérései alapján megállapítható, hogy középtávon ülepedésre hajlamos termőhelyi feltételek között a talajjellenállás növekedést regisztráltuk, azonban annak mértéke nem érte el a kritikus, káros mértékű tömörödési szintet. A további kutatások feladata, hogy választ kapjunk arra a kérdésre, hogy az ültetvény későbbi időszakában várható-e a talajjellenállás értékének kedvező változása kedvező körülmények között alkalmazott direktvetéshez hasonlóan.

A talajjellenállás értéke az energetikai faültetvény kísérletben meghaladta a hagyományos forgatásos és forgatás nélküli művelésben mért szintet, azonban ezek az értékek a több nemzetközi közleményben leírt korábbi eredményeket erősítik meg, amelyek alapján középtávon fás szárú energiaültetvényekben a fizikai és biológiai talajállapot javulása érhető el.

Biomassza vizsgálatok energiafűz ültetvényben

Ebben a vizsgálati sorozatban az előző szakaszban ismertetett fűz kísérletek száraz és csapadékos években történő vágásfordulóit vizsgáltuk. Elemeztük a különböző fűzfajták biomassza-produkcióját eltérő tápanyagkezelések mellett.

A 2008. és 2010. évek csapadékosak (688,2 mm, 757,4 mm), a 2009. és 2011. évek szárazak (392,2 mm, 272,8 mm) voltak, így a 2-2 éves betakarított növekmény jól összehasonlíthatóvá vált. Jelentős különbség mutatkozott az egyes fajták hozama között; a *Tordis* és a *Sven* fajták szignifikánsan kisebb hozamot adtak, mint a *Csala*, az *Inger* és a *Tora* fajták. Ez a tendencia megegyező volt nemzetközi kísérleti eredményekkel.

Vizsgálataink szerint a Gödöllői dombság kedvezőtlen termőhelyi körülményei közé telepített fűz energetikai faültetvény az aszályos évek ellenére is képes a nemzetközi kísérletekben leírt biomassza-produktumra. A vizsgált svéd fajták (*Tora*, *Tordis*, *Inger* és *Sven*) a Kárpát-medencében is a géncentrumukban mért terméseredményeket adták. A magyar *Csala* fajta 2009-ben a svéd fajták átlagához hasonló biomasszát, kétéves vágásfordulóban 43,2 t/ha átlagtermést adott, a különösen aszályos 2011-es évjáratban pedig a legjobbnak bizonyult 53,6 t/ha kétéves hozamával.

50 kg/ha nitrogén műtrágya mindkét évben szignifikáns módon növelte a biomassza-tömeget. Kijuttatását a betakarítást követően tavasszal javasoljuk a területre. A komposzt termésnövelő hatása statisztikailag igazolható módon csak 2011-ben jelentkezett. Ennek oka, hogy tápanyagtartalma csak lassan jut le a gyökérzónába, de talajvédő funkciója miatt minden esetben javasolt a felhasználása már a telepítéstől kezdve.

A vizsgált 2-2 éves betakarítási periódusban (2008-2009, 2010-2011) mindkétszer nedves és száraz évek váltották egymást, ezért az évjáráthatások figyelembevétel további vizsgálatok szükségesek az adott termőhelynek leginkább megfelelő fűzfajta kiválasztásához.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Környezet minőség javító művelési kutatások új tudományos eredményei:

Lejtős termőhelyen, tízéves művelési tartamkísérletben a bolygatatlan talajú direktvetésben a művelt talajokhoz képest a környezet minőséget nem veszélyeztető tömörebb állapotot igazoltunk. A direktvetésben a feltalaj tömörödése 66-114 %-kal haladja meg a bolygatott talajokét. Bizonyítottuk, hogy a korábban rendszeresen művelt, majd a direktvetés alkalmazása során csak a vetősorban bolygatott talaj ülepedése természetes jelenség, amelynek mértéke a talaj új körülményekhez alkalmazkodása után folyamatosan csökken.

Megállapítottuk, hogy a bolygatott talajon bekövetkezett ülepedés a lazító műveléseket követően a csapadék mennyiségétől függetlenül bekövetkezik, és a mértéke kisebb a nem bolygatott direktvetésben tapasztaltnál. A talajnak a művelés utáni és tenyészidei lazultság különbsége adja azt a termesztési előnyt, amellyel a direktvetésre jellemző állapot nem rendelkezik az első években. Igazoltuk a direktvetésre jellemző talajon a hosszabb időszak alatt bekövetkezett állapot javulást, továbbá a bolygatott talajon a lazult állapot legfeljebb egy tenyészideig tartó hatását.

A kevésbé ismert és elterjedt bakhátas kezelésben műveléshatásnak betudható kedvező lazultságot igazoltunk a felső (5-10 cm) rétegében. A művelési mélység alsó határán, a 15-20 cm rétegben nagyobb térfogattömeg értékek a bakhát kialakítása és magasítása révén alakultak ki, amely a módszer kritikus pontja lehet. A 40-45 cm rétegben a hagyományos

művelésben a direktvetésnél és a bakhátas kezelésnél kisebb térfogattömeg értékek a szántás nem általánosítható, és esetenkénti kedvező hatását bizonyítják.

A talajállapot jellemzésére az általánosan alkalmazott térfogattömeg értékek mellett a nemzetközi szakirodalomban mind elterjedtebb talajellenállás értékek alkalmazása bizonyítást nyert. A talajellenállás értékek a talajnedvesség értékekkel együtt használhatók objektív állapot jellemzésre.

Csernozjom barna erdőtalajon három év folyamatos mérései alapján igazoltuk a szántásos művelés talpképző hatását. Mivel a tömörödés mértéke a művelt réteg alatt az egyes években, és a harmadik év végén sem érte el a kritikus szintet, e tipikus állapothiba kockázata hagyományos művelési rendszer alkalmazása esetén is megbízhatóan csökkenthető.

Agronómiai szerkezetvizsgálatokkal a hagyományos művelésről általánosan megfogalmazott előnyök igazolhatók. Adott, közepkötött talajon a vetésváltás morzsavédelemre gyakorolt kedvező hatása igazolható volt.

Talajművelési kísérleteinkben az évhatás vizsgálatok során igazolódott a legfelső talajréteg klíma-kitettsége, amelyet talajnedvesség- és talajellenállás vizsgálatok eredményei támasztottak alá. A fizikai talajállapot vizsgálati eredmények nyomán megállapítást nyert, hogy a talaj kímélése a hagyományos talajművelés szakszerű végrehajtása esetén is biztosítható a rendszerre jellemző szintig.

Zöldtrágyázással kapcsolatos kutatásaink új tudományos eredményei:

Megállapítottuk, hogy a zöldtrágyázás talajra gyakorolt hatása a klímával összefüggésben szélsőséges. A talajállapotra gyakorolt hatás különösen csapadék hiányos tenyészidőben kritikus. A nagyobb talajellenállás miatt a növényekkel borított parcellák művelése nehezebb, mint a vetetlen kontrolé.

A zöldtrágyanövények kedvező hatása valójában kedvező utóhatás, amely azt jelenti, a talajba dolgozásokkor fennálló tömörebb talajállapot 3 hónap elteltével megszűnik, és a feltáródásnak köszönhetően igazolhatóan kedvezőbbé válik a lazultság és talajnedvesség a vetetlen kontrolhoz képest.

Bizonyítottuk, hogy kedvezőtlen termőhelyi körülmények között az egyszeri zöldtrágyázásnak, a képződő nagymennyiségű 30-60 t/ha zöld-biomassza ellenére nincs az utónövényre terménynövelő hatása, pozitív hatás csak többszöri alkalmazásával érhető el.

A fő- és másodvetésű zöldtrágyanövényekre eltérően hatnak a hasonló környezeti paraméterek. A szárazanyag-tömeg szoros korrelációt mutat a csapadék-hőviszony, és a bioklimatikus indexszel, illetve a hidrotermikus koefficienssel. Az évjáráthatás ismeretében jól modellezhető a várható biomassa.

Környezetkímélő, kis mennyiségű – 50 kg/ha nitrogéntrágyázás – jelentősen elősegíti a másodvetésű zöldtrágyanövények fejlődését, és nagymértékben 1,9-4,0-szeresére növeli produktumukat. Kimutattuk, hogy 1 kg többlet nitrogén jelentős fajlagos biomassa és NPK tartalom növekedést biztosít. Igazoltuk, hogy nitrogén-kiegészítés nélkül gyenge adottságú termőhelyen nem érhető el az elégséges biomassa.

Az energianövény-termesztési kutatások új tudományos eredményei:

Kutatásaink szerint a fás és lágyszárú energianövények telepítésével bővíthető az energetikai biomassza kínálat, amely tehermentesítheti az erdészeti forrású biomasszát, valamint lehetővé teszi a szántóföldi növénytermesztés melléktermékeinek ökológiai rendszeren belüli visszaforgatását.

Megállapítottuk, hogy az energetikai faültetvények ökológiai szempontból közel állnak a telepített egyfajú fiatal erdőhöz. Környezetterhelésük alacsony, mivel a legintenzívebb faültetvény bármely más mezőgazdasági használatához képest extenzívnek minősül.

Az energetikai faültetvények jelentős környezeti, ökológiai hatással bírnak, mivel az évenként változó szántóföldi kultúrákkal szemben 15-20 évre stabilitást jelentenek az adott táblának. Kutatási eredményeink az ültetvények kedvező hatását bizonyították a környező területek ökoszisztémájára.

Kutatásaink során meghatároztuk a fontosabb fásszárú rövid vágásfordulójú növények fajkiválasztásának módszereit, valamint optimális termesztéstechnológiáját. Meghatároztuk a termesztés talajminőségre gyakorolt hatásait, valamint esetleges ökológiai és gazdasági kockázatát.

**A DOKTORI (PHD) FOKOZAT MEGSZERZÉSE UTÁN MEGJELENT
LEGJELENTŐSEBB KÖZLEMÉNYEK**

Az értekezés témaköréből megjelent közlemények jegyzéke

Folyóiratban megjelent közlemények idegen nyelven

- Birkás, M. and Gyuricza, Cs. 2000. Ergebnisse von Direktsaat-Dauerversuchen mit Körnermais im pannonischen Produktionsgebiet Ungarns. Die Bodenkultur. 51. 1. 53-69.
- Józefaciuk, G., Murányi, A., Szatanik-Kloc, A., Farkas, Cs. and Gyuricza, Cs. 2001. Changes of surface, fine pore and variable charge properties of a brown forest soil under various tillage practices. Soil and Tillage Research 1573, 1-9.
- Birkás, M., Szalai, T., Gyuricza, Cs., Gecse, M. and Bordás, K. 2002. Effects of disk tillage on soil condition, crop yield and weed infestation. Rostlinna Vyroba, 48. 1: 20-26.
- Percze, A., Gyuricza, Cs., Birkás, M., Szemők, A. and Ujj, A. 2002. Extension of the tillagepan compaction and its impacts on some crop production factors. Agriculture, Nitra, 48. 6: 282-290.
- Birkás, M., Jolánkai, M., Gyuricza, C. and Percze, A. 2004. Tillage effects on compaction, earthworms and other soil quality indicators in Hungary. Soil Till. Res. Special Issue "Soil Quality as an Indicator of Sustainable Tillage Practices" (ed. Karlen, D.L.) 78.2. 185-196.
- László, P. and Gyuricza Cs. 2004. Effect of the ridge-tillage System on some Selected Soil Physical Properties in a Maize Monoculture. Acta Agronomica Hungarica, 52.3: 211-220.
- Gyuricza, Cs., Ujj, A. and Rosner, J. 2005. Sustainable production of maize in Austria: Results of a long-term experiment. Annals of Agr. Sci., 3.4. 31-38.
- Farkas, Cs., Gyuricza Cs. and Birkás, M. 2006. Seasonal changes of hydraulic properties of a Chromic Luvisol under different soil management. Biologia, 61/Suppl. 19: 344-348.
- Bencsik, K., Gyuricza, Cs., Mikó, P., Nagy, L. and Földesi, P. 2007. Evaluation of different soil tillage methods regarding soil protection. Environment and Progress, 9/2007. 77-80.
- Mikó, P., Gyuricza, Cs., Földesi, P., Szita, B., Bencsik, K. and Nagy, L. 2007. Green manuring plants as main crops under unfavourable field conditions in 2005. Environment and Progress, 9/2007. 329-332.
- Laszló, P., Dombos, M., Gyuricza, Cs. and Rosner, J. 2008. The Effect of Conservation Tillage Systems on some Physical and Biological Properties of Sandy Loam Soil in Corn Monoculture. In: Dazzi, C. and Constantini, E. (Eds.): The Soils of Tomorrow. Soils Changing in a Changing World. Adv. in Geoecology 39. 563-569.
- Földesi, P. and Gyuricza, Cs. 2011. A survey on the soil penetration resistance and soil moisture content in field experiment. Acta Agronomica Hungarica. 59. 4. 349-359.
- Mikó, P., Kovács, G.P., Balla I., Vasa, L. and Gyuricza, Cs. 2012. Investigation of the Biomass and Nutrient Content of Green Manuring Plants as Second Crops in Hungary. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 40.1. 47-52.
- Kovács, G.P. and Gyuricza, Cs. 2012. A Comparison of of the Impact of Different Tillage Systems and Nutrient Levels on the Biomass and Brix Values of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). African Journal of Agricultural Sciences 7.26. 3800-3805.
- Gyuricza, Cs., Balla, I., Tarnawa, Á., Nyárai, H.F., Kassai, K., Zsentsépetery, Zs. and Jolánkai, M. 2012. Impact of precipitation on yield quantity and quality of wheat and maize crops. Időjárás 116. 3. 211-220.
- Földesi, P. and Gyuricza, Cs. 2012. A summary evaluation of the soil's physical condition in field experiments. Acta Agronomica Ovariensis 54:(2) 3-16.
- Kalmár, T., Bottlik, L., Kisic, I., Gyuricza, C. and Birkás, M. 2013. Soil protecting effect of the surface cover in extreme summer periods. Plant, Soil and Environment 59:(9) 404-409.

- Bottlik, L., Csorba, Sz., Gyuricza, Cs., Kende, Z. and Birkás, M. 2014. Climate challenges and solutions in soil tillage. *Applied Ecology and Environmental Research* 12:(1) 13-23.
- Mikó, P., Kovács, G.P., Alexa, L., Balla, I., Póti, P. and Gyuricza, Cs. 2014. Biomass production of energy willow under unfavourable field conditions *Applied Ecology and Environmental Research* 12:(1) pp. 1-12. (2014)

Folyóiratban megjelent közlemények magyar nyelven

- Gyuricza Cs., Birkás M. 2000. A szélsőséges csapadékelátottság hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon kukoricánál. *Növénytermelés*. 49.6: 691-706.
- Birkás M., Gyuricza Cs. 2001. A szélsőséges csapadékelátottság hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon búzánál. *Növénytermelés*. 50. 2-3. 333-344.
- Birkás M., Gyuricza Cs. 2004. Agroökoszisztéma elemek kölcsönhatásainak vizsgálata művelési kísérletben. "AGRO-21" Füzetek, 37. 97-111.
- Mikó P., Gyuricza Cs. 2007. Fővetésű zöldtrágyanövények tápanyagfeltáró képességének vizsgálata. *Acta Agronomica Ovariensis* 49 (2) 513-519.
- Gyuricza Cs., Mikó P., Nagy L., Földesi P., Ujj A. 2007. Másodvetésű zöldtrágyanövények termesztése kedvezőtlen termőhelyen. *Acta Agronomica Ovariensis* 49 (2) 287-292.
- Szita B., Gyuricza Cs., Mikó P., Nagy L., Földesi P. 2007. Talajvizsgálatra alapozott növénytáplálás hatásának vizsgálata környezetkímélő talajművelési rendszerekben. *Acta Agronomica Ovariensis* 49 (2) 545-550.
- Kovács G.P., Mikó P., Nagy L., Gyuricza Cs. 2011. Talajművelési eljárások hatása a cukorcirok (*Sorghum bicolor* Moench) beltartalmi paramétereire. *Növénytermelés*, 60.1: 61-82.
- Mikó P., Kovács G.P., Nagy L., Gyuricza Cs. 2011. Másodvetésű zöldtrágyanövények tápanyagtartalmának vizsgálata kedvezőtlen adottságú termőhelyen. *Növénytermelés*, 60.2: 97-114.
- Gyuricza Cs., Hegyesi J., Kohlheb N. 2011. Rövid vágásfordulójú fűz (*Salix* sp.) energiaültetvény termesztésének tapasztalatai és életciklus-elemzésének eredményei. *Növénytermelés*, 60.2: 45-66.
- Földesi P., Gyuricza Cs. 2011. A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata agronómiai kísérletekben. *Tájökológiai Lapok*, 9.1: 191-201.
- Póti P., Pajor F., Homolka F., Gyuricza Cs. 2011. A másodvetésű fehér mustár és olajretek táplálóértékének és legeltethetőségének megállapítása juhokkal. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 60.4: 355-362.
- Mikó P., Gyuricza Cs. 2012. Másodvetésű zöldtrágyanövények hatása egyes talajállapot tényezőkre kedvezőtlen adottságú termőhelyen. *Agrokémia és Talajtan* 61.1: 93-106.
- Gyuricza Cs., Junek N., Nagy L., Kovács G., Ujj A., Mikó P. 2012. Talajállapot vizsgálatok energetikai faültetvényben. *Növénytermelés*, 61.2: 65-83.
- Földesi P., Gyuricza Cs. 2012. Talajállapot vizsgálatok értékelése szántóföldi kísérletekben. *Növénytermelés*. 61.4: 1-19.
- Junek N., Mikó P., Kovács G., Nagy L., Balla I., Gyuricza Cs. 2013. Biomassza vizsgálatok egy kedvezőtlen termőhelyi körülmények között létesített energiafűz ültetvényben. *Növénytermelés* 62:(1) 5-18.

Könyvrészlet

- Birkás M., Szalai T., Gyuricza Cs., Jolánkai M., Gecse M. 2000. Subsoil compaction problems in Hungary. In: R. Horn, J.J.H. van den Akker & J. Arvidsson (eds): *Subsoil*

- Compaction: distribution, processes and consequences. Catena Verlag, Reiskirchen, 354-362.
- Farkas, Cs., Gyuricza, Cs., László, P., Birkás, M. 2000. Study of the influence of soil tillage on soil water regime. In: R. Horn, J.J.H. van den Akker & J. Arvidsson (eds): Subsoil Compaction: distribution, processes and consequences. Catena Verlag, Reiskirchen, 251-257.
- Gyuricza Cs. (szerk.) 2001. A szántóföldi talajhasználat alapjai. Egyetemi tankönyv. AKAPRINT Budapest, 199 p.
- Gyuricza Cs. (szerk.) 2002. Szántóföldi talajhasználati praktikum. Egyetemi tankönyv. AKAPRINT Budapest, 175 p.
- Gyuricza Cs. 2005. Fehér mustár. In: Növénytermesztés (főszerk. Antal J.) Mezőgazda kiadó, Budapest, 275-282.
- Gyuricza Cs., Birkás M. 2005. A talajhasználati rendszerek. In: Növénytermesztés (főszerk. Antal J.), Mezőgazda Kiadó, Budapest, 148-156.
- Gyuricza Cs. 2006. Vetésforgó – vetésváltás. In: Földművelés és földhasználat (szerk. Birkás M.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, 316-356.
- Farkas Cs., Gyuricza Cs., 2006. Hidrológiai tényezők. In: Földművelés és földhasználat (szerk. Birkás M.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, 30-33.

A dolgozathoz közvetlenül nem kapcsolódó legfontosabb közlemények

- Toldi, O., Dancs, G., Dobrányi, Sz., Gyuricza, Cs., Gémesi Zs. and Scott, P. 2011. Biotechnological approach in exploring vegetative desiccation tolerance: from aseptic culture to molecular breeding. (review) Acta Biologica Hungarica 61 (Suppl.): 226–237., DOI: 10.1556/ABiol.61.2010.Suppl.20.
- Czóbel, Sz., Szirmai, O., Németh, Z., Gyuricza, Cs., Házi, J., Tóth, A., Schellenberger, J., Vasa, L. and Penksza, K. 2012. Short-term Effects of Grazing Exclusion on Net Ecosystem CO₂ Exchange and Net Primary Production in a Pannonian Sandy Grassland Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 40.2.
- Penksza, K., Bartha, S., Házi, J., Hufnagel, L., Tóth, A., Gyuricza Cs. and Szentes, Sz. 2012. Cut mowing and grazing effects with grey cattle on plant species composition in case of Pannon wet grasslands. Applied Ecology and Environmental Research. 10:3. 223-231.
- Baranyai Zs., Gyuricza Cs. and Vasa L. 2012. Moral hazard problem and cooperation willingness: some experiences from Hungary Actual Problems of Economics 138:12. 301-310.
- Vasa, L., Gyuricza, Cs., Penksza, K. 2013. Methods of economical evaluation of grasslands under extreme climatic conditions based on plant sociological samples Actual Problems of Economics 145:(7) 251-260.

Szabadalom

- Alexa L, Csepregi A, Gyuricza Cs, Hornok L, Óbert M, Posta K. 2008. Szennyvíziszap és lignocellulóz tartalmú növényi hulladék együttes komposztálása, és a végtermék növényi tápanyagként való felhasználása. MSzH: P 0800629
- Gyimes E, Véha A, Szabó L, Hutás I, Tóth Á, Gyuricza Cs. 2013. Eljárás és feldolgozó vonal olajos magvak olajszegényített présmaradékaiból összetétel-módosított frakciók előállítására MSzH: P1100666